

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-221774

(43)Date of publication of application : 30.08.1996

(51)Int.Cl.

G11B 7/09

G11B 7/135

(21)Application number : 07-026836

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

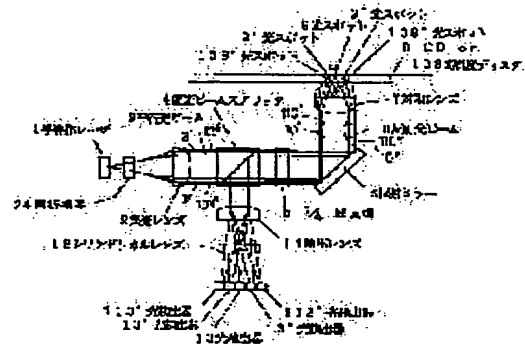
(22)Date of filing : 15.02.1995

(72)Inventor : HAYASHI HIDEKI
MIZUNO SADAO
KANEUMA YOSHIAKI

(54) OPTICAL HEAD AND OPTICAL INFORMATION RECORDING/ REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To record/reproduce optical disks having different track pitches by a common optical head.

CONSTITUTION: Tracking error signals for narrow track pitches and standard track pitches are obtained from two pairs of four auxiliary light beams 3', 3" and 103', 103" based on \pm first-order and \pm second-order diffracted light beams of a diffraction grid 24 installed immediately before a semiconductor laser 1. Thus, tracking is performed for an optical head corresponding to each of the narrow and standard track pitches.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-221774

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 8 月 30 日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 7/09		9368-5D	G 1 1 B 7/09	C
7/135			7/135	Z

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-26836

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 2 月 15 日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 林 秀樹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 水野 定夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 金馬 慶明

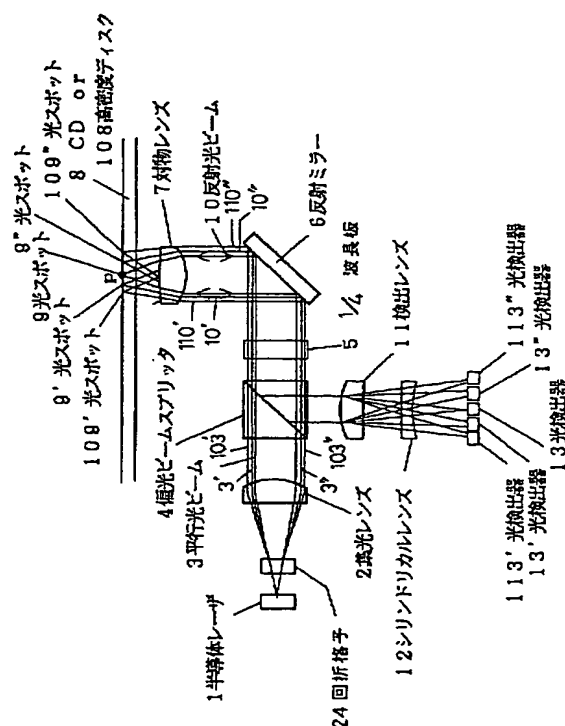
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(54) 【発明の名称】 光ヘッド及び光学情報記録再生装置

(57) 【要約】

【目的】 トラックピッチの異なる光ディスクを共通の光ヘッドで記録、再生する。

【構成】 半導体レーザ 1 の直前に設置した回折格子 24 の±1次回折光及び±2次回折光を基にした二対4本の補助光ビーム 3'、3''、103'、103'' の各対から、狭トラックピッチ用及び標準トラックピッチ用のトラッキングエラー信号を得、これにより光ヘッドを狭トラックピッチ及び標準トラックピッチそれぞれに対応してトラッキングする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録トラックを有する情報記録媒体に焦点を結ぶ読取り光ビーム、及び前記情報記録媒体上に、前記読取り光ビームの焦点を中心にほぼ等間隔、かつほぼ一直線に並ぶ 4 つの焦点を結ぶ二対 4 本の補助光ビームを出射する手段と、情報記録媒体からの前記読取り光ビーム及び前記 4 本の補助光ビームの反射光をそれぞれ受光して電気信号に変換する光検出器とを備えたことを特徴とする光ヘッド。

【請求項 2】 読取り光ビーム光路中に回折格子を配置し、前記回折格子の±1 次回折光及び±2 次回折光を前記二対 4 本の補助光ビームとしたことを特徴とする請求項 1 記載の光ヘッド。

【請求項 3】 読取り光ビームの情報記録媒体上の集光スポットから最も離れた位置において一対の集光スポットを結ぶ補助光ビームの集光スポット間隔が、 $20\mu\text{m}$ より広く、 $40\mu\text{m}$ より狭くなるよう構成したことを特徴とする請求項 1 記載の光ヘッド。

【請求項 4】 読取り光ビーム光路中に配置された回折格子は 2 種類の幅を持つ溝あるいは平面部分が、等ピッチで繰り返された構成であることを特徴とする請求項 2 記載の光ヘッド。

【請求項 5】 読取り光ビーム光路中に置かれた回折格子は、それぞれ幅の異なる溝部分と平面部分とより構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の光ヘッド。

【請求項 6】 情報記録媒体上の二対 4 本の補助光ビームの集光スポットのうち、読取り光ビームの集光スポットに最も近い一対、あるいは最も離れた位置にある一対の補助光ビームの集光スポットは、読取り光ビームの集光スポットに対して前記情報記録媒体の記録トラックピッチの約 $1/4$ だけ垂直方向にオフセットするように構成したことを特徴とする請求項 1 記載の光ヘッド。

【請求項 7】 記録トラックを有する情報記録媒体に焦点を結ぶ読取り光ビームの情報記録媒体からの反射光を受ける光検出器の信号、及び二対 4 本の補助光ビームのうち、情報記録媒体上の集光スポットが読取り光ビームの集光スポットに最も近い一対の補助光ビームの情報記録媒体からの反射光を受ける光検出器の信号並びに、二対 4 本の補助光ビームのうち、情報記録媒体上の集光スポットが読取り光ビームの焦点から最も離れた位置にある一対の補助光ビームの情報記録媒体からの反射光を受ける光検出器の信号それぞれから、前記情報記録媒体の記録トラックよりの記録信号と、前記記録トラックとのトラッキング誤差信号を得よう構成したことを特徴とする請求項 1 記載の光ヘッド。

【請求項 8】 二対 4 本の補助光ビームの集光スポットの情報記録媒体上での先行順に第 1 番目の集光スポット及び第 3 番目の集光スポットの補助光ビームの情報記録媒体からの反射光を受ける光検出器の信号、及び第 2 番目の集光スポット及び第 4 番目の集光スポットの補助光

ビームの情報記録媒体からの反射光を受ける光検出器の信号それぞれから、前記読取り光ビームの集光スポットと前記情報記録媒体の記録トラックとのトラッキング誤差信号を得よう構成したことを特徴とする請求項 1 記載の光ヘッド。

【請求項 9】 請求項 7 記載の光ヘッドと、情報記録媒体の種類を判別する判別器と、前記判別器からの情報記録媒体の判別結果を基に前記光ヘッドの二対の補助光ビームからのトラッキングエラー信号のうちいずれかのトラッキングエラー信号を選択的に制御回路に伝達する選択回路を備えたことを特徴とする光学情報記録再生装置。

【請求項 10】 情報記録媒体の種類を判別する判別器を、二対 4 本の補助光ビームのうち情報記録媒体上の集光スポットが読取り光ビームの集光スポットに近い一対の補助光ビームの情報記録媒体からの反射光を受ける光検出器の信号、及び二対 4 本の補助光ビームのうち情報記録媒体上の集光スポットが読取り光ビームの焦点から最も離れた一対の補助光ビームの情報記録媒体からの反射光を受ける光検出器の信号それぞれの変調度を比較する変調度比較回路により構成したことを特徴とする請求項 9 記載の光学情報記録再生装置。

【請求項 11】 請求項 8 記載の光ヘッドと、この光ヘッドから得られる第 1 番目の集光スポット及び第 3 番目の集光スポットからのトラッキングエラー信号と、第 2 番目の集光スポット及び第 4 番目の集光スポットからのトラッキングエラー信号との位相比較器とを備えたことを特徴とする光学情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、トラックピッチの異なる光ディスクを記録再生する光ヘッドのトラッキングに関するもの及び光学情報記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザを用いた一般的な光ヘッドを図 12 に示す。図 12 において、半導体レーザ 201 から出射した光ビームは集光レンズ 202 により平行な光ビーム 203 となり、偏光ビームスプリッタ 204 に P 偏光で入射してここを直進し、 $1/4$ 波長板 205 を通り、反射ミラー 206 で光路を曲げられ対物レンズ 207 に入射する。対物レンズ 207 に入射した光ビーム 203 は結像点 p に絞り込まれ、光ディスク 208 の記録面上の記録トラックに光スポット 209 を形成する。次に、この光スポット 209 は光ディスク 208 で反射されて反射光ビーム 210 となり、再び対物レンズ 207 と反射ミラー 206 及び $1/4$ 波長板 205 を通って偏光ビームスプリッタ 204 に入射する。この反射光ビーム 210 は、 $1/4$ 波長板 205 の作用により S 偏光になっているため、偏光ビームスプリッタ 204 で反射して、検出レンズ 211 とシリンドリカルレンズ 212 を通り、光検出

器213に受光される。

【0003】なお、半導体レーザ201から出射した光ビームは回折格子214により光ビーム203'及び203"に分離され、光ディスク208上で光スポット209'及び209"が形成されており、これらは光ディスク208で反射して光ビーム210'及び210"となり、光ビーム210と同様の経路で光検出器213'及び213"に入射する。この光検出器213は、再生信号を検出するとともに、いわゆる非点収差法によりフォーカス制御信号を検出し、光検出器213'及び213"による、いわゆる3ビームトラッキング法によりトラッキング制御信号を検出するように構成されている。

【0004】このような構成の光ヘッドのトラッキングに用いられるトラッキングエラー信号検出用のスポット209'及び209"の互いの間隔やトラッククロス方向の調整位置は、光ディスク208のトラックピッチや製作誤差によるトラックの偏心量を考慮して決められている。たとえば、図13に示すようにCD(コンパクトディスク)では、トラックピッチ $1.6\mu\text{m}$ 、最大偏心 $300\mu\text{m}$ を考慮してサブスポット同士の間隔約 $32\mu\text{m}$ 、トラックに垂直方向(図面左右方向)の読取りスポットと補助スポットの間隔は約 $0.4\mu\text{m}$ である。

【0005】一方、近年においては、より高密度化を図るために、対物レンズの開口数を大きくし、あるいは使用波長を短くする等により読取りスポットを微小化し、短いピット長で、かつ狭いトラックピッチによりディスクの記録再生を行うことが検討されている。しかし、以下に述べるように高密度化を図った狭トラックピッチの光ディスクと従来のCD等の光ディスクを上記の3ビームトラッキング法の同一光ヘッドで記録再生するのは困難であった。

【0006】以下、これについて、高密度ディスク及びCDで補助スポット間隔 $32\mu\text{m}$ 及び $18\mu\text{m}$ でのトラッキングエラー信号振幅とディスク偏心との関係を示した図15を参照しながら説明を進める。例えば、対物レンズの開口数を0.55、使用波長を 680nm とした光ヘッドで、最短ピット長 $0.45\mu\text{m}$ 、トラックピッチ $0.8\mu\text{m}$ 程度の光ディスクを再生することが検討されている。このようなシステムで3ビームトラッキング法でトラッキングエラー信号を得るには、図14に示すようにトラックに垂直方向の読取りスポットと補助スポットとの間隔はトラッキングエラー信号の最大になる約 $0.2\mu\text{m}$ 程度にする必要がある。それを初期状態として最内周半径 25mm の部分で再生中、ディスク偏心を与えた場合のトラッキングエラー信号振幅の変化をグラフ化したのが図15である。補助スポット同士の間隔は、フォーカスS字範囲をCDと同等の $8\mu\text{m}$ に設定すれば、光検出器上での分離を考慮するとCDと同等の約 $32\mu\text{m}$ となる。しかし、このような補助ビームでCD再生の場合のトラッキングエラー信号を得ようとした場合、図15に示すように偏心のないディスク

であれば問題のないトラッキングエラー信号を得ることができるが、 $300\mu\text{m}$ 程度の偏心を想定した場合、CDでの最内周にあたる半径 25mm ではトラックと補助スポットの偏心による角度変化が初期設定値の角度約 0.7 度と同等となるため、最悪の場合トラッキングエラー信号の振幅が0になることが考えられる。

【0007】また、この偏心対策としてフォーカスS字範囲を $4\mu\text{m}$ 程度に狭く設定するのを前提に補助スポット間隔を約 $18\mu\text{m}$ に設定した場合でも、高密度ディスクのトラックピッチ $0.8\mu\text{m}$ に調整された補助スポットからのトラッキングエラー信号振幅は、図15に示すように $\pm 300\mu\text{m}$ の偏心で $+20\sim -30\%$ まで変動する。この変動は、一般的なこの種の光ディスクシステムでは許容できないレベルである。このため、従来の3ビームトラッキング法では狭トラック化した高密度光ディスクと従来のCDとから安定したトラッキングエラー信号を得るのは不可能であり、同一ヘッドで互換再生するのは不可能であった。

【0008】

【発明が解決しようとする問題点】上述のように、従来の技術では3ビームトラッキング法において、狭トラックピッチの高密度ディスク用に設計、調整されたトラッキングエラー用補助スポットでは、偏心の大きなCDを再生する場合には、トラッキングエラー信号の振幅変動が大きく、光ヘッドのトラッキングが取れなくなり、CDの再生が不可能になるという問題点があった。

【0009】本発明は、このような従来の問題点を解決するものであり、簡単な光学系による3ビームトラッキング法でありながら、狭トラックピッチの高密度ディスクと従来のCDとから安定したトラッキングエラー信号を得て光ヘッドのトラッキングを取り、同一ヘッドでの両者の互換再生を可能にすることを目的とする。

【0010】

【問題点を解決するための手段】本発明は、記録トラックを有する情報記録媒体に焦点を結ぶ読取り光ビーム及び前記情報記録媒体上に読取り光ビームの焦点を中心にほぼ等間隔、かつほぼ一直線に並ぶ4つの焦点を結ぶ二対4本の補助光ビームを出射する手段と、情報記録媒体からの前記読取り光ビーム及び前記二対4本の補助光ビームの反射光をそれぞれ受光して電気信号に変換する光検出器とを備えたものであり、また読取り光ビーム中に置いた回折格子の ± 1 次回折光及び ± 2 次回折光を前記二対4本の補助光ビームとしたものである。

【0011】

【作用】このような構成によって、狭トラック化した高密度ディスクと従来のトラックピッチを有するCD等の光ディスクに対して、同一の光ヘッドで共に3ビームトラッキング法を用いてトラッキングエラー信号を得、ヘッドトラッキングを取ることができる。つまり、従来の2本の補助ビームを用いた3ビームトラッキング法で

は、トラッキングエラー信号振幅の低い狭トラックピッチの高密度ディスクにおいて信号振幅が最大となるよう設計、調整された補助ビームで、偏心の大きなCDを再生しようとした場合、最悪時、信号振幅が0になり再生が不可能となるのに対して、本発明による二対4本の補助ビームによる3ビームトラッキング法であれば、読取りビームに近い一対の補助ビームにより狭トラックピッチの高密度ディスクでの3ビームトラッキングエラー信号を、また読取りビームから最も離れた一対の補助ビームにより従来ディスクでの3ビームトラッキングエラー信号を得ることができる。

【0012】また、読取りビーム中に置いた回折格子の±1次回折光及び±2次回折光から二対4本の補助光ビームを得ることにより、本発明を実現する簡単な光学系ができる。

【0013】

【実施例】以下、図面を参照しつつ本発明の実施例について説明する。図1は本発明の一実施例を示すものである。図1において、半導体レーザ1から出射した光は集光レンズ2により平行光ビーム3となり、偏光ビームスプリッタ4にP偏光で入射し、ここを直進して1/4波長板5を通り、反射ミラー6で光路を曲げられ対物レンズ7に入射する。対物レンズ7に入射した光ビーム3は結像点pに絞り込まれ、CD8の記録面上の記録トラックに光スポット9を形成する。次に、この光スポット9はCD8で反射されて反射光ビーム10となり、再び対物レンズ7と反射ミラー6及び1/4波長板5を通して偏光ビームスプリッタ4に入射する。反射光ビーム10は1/4波長板5の作用によりS偏光になるため、偏光ビームスプリッタ4で反射して、検出レンズ11とシリンドリカルレンズ12を通り、光検出器13に受光される。なお、半導体レーザ1から出射した光ビームは回折格子24により補助光ビーム3'、3'', 103', 103''に分離され、CD8上で光スポット9', 9'', 109', 109''が形成される。これら各スポット、各ビームは図3に示すように、光スポット109', 109''は光スポット9に対してCD8のトラックピッチの1/4、つまり0.4μmだけトラックの垂直方向にオフセットするように回折格子4の回転により調整されており、また、光スポット109', 109''がCD8で反射した反射光ビーム110'及び110''は、反射光ビーム10と同様の経路で光検出器113'及び113''に入射する。光検出器13は、再生信号を検出するとともに、いわゆる非点収差法によりフォーカス制御信号を検出し、光検出器113'及び113''による、いわゆる3ビームトラッキング法によりトラッキング制御信号を検出するように構成されている。

【0014】一方、高密度光ディスク108を再生する場合は、図2に示すように、CDのトラックピッチに合わせ角度調整された回折格子4により、光スポット9'、9''は光スポット9に対して光ディスク8のトラックピ

ッチの約1/4だけ、つまり0.2μmだけトラックの垂直方向にオフセットするように調整されることになる。また、光スポット9', 9''が光ディスク8で反射した反射光ビーム10'及び10''は、反射光ビーム10と同様の経路で光検出器13'及び13''に入射し、これら検出器13'及び13''によって、いわゆる3ビームトラッキング法により高密度ディスク108の再生時のトラッキング制御信号を検出するように構成されている。

【0015】CDと高密度ディスクの最内周半径25mmの部分で再生中のディスク偏心と、トラッキングエラー信号振幅との関係をグラフ化したのが図4である。図4から明らかなように、偏心300μmを考慮してもCD再生時のトラッキングエラー信号振幅の変化は-30%程度に抑えられ、かつ高密度ディスク再生時のトラッキングエラー信号振幅も偏心のない初期状態で最大値が得られるようになる。つまり、CDと高密度ディスクの双方のディスクにおいて安定したトラッキングエラー信号が得ることができ、互換再生が簡単な光学構成で可能となる。

【0016】また、本実施例では、回折格子24の±1次回折光及び±2次回折光を二対4本の補助光ビームとしているため、入射光ビームの光量に対して、0次回折光量を数十%確保した上で、10%程度の±1次回折光及び±2次回折光を発生させることが必要となる。本実施例で用いる回折格子24の例を図5及び図6に示す。

【0017】図5の回折格子は透過光に位相差を与えるパターンのピッチを1とした場合、Aの幅を約0.20としたもので、位相差と各回折光の回折効率の関係を表すと図7に示すようになる。この図のように、回折格子での位相差を約0.7π与えることにより、0次回折光効率約50%、1次回折光効率約12%、2次回折光効率約7%の回折格子を得ることができる。

【0018】図6の回折格子は透過光に位相差を与えるパターンで、幅Aのパターンのピッチを1とした場合に、Aの幅を約0.31、パターンBの幅を0.06としたもので、位相差と各回折光の回折効率の関係を表すと図8に示すようになる。この図のように、回折格子での位相差を約0.5π与えることにより、0次回折光効率約50%、1次回折光及び2次回折光効率約9.5%の回折格子を得ることができる。

【0019】図9及び図10に本実施例における光ヘッドを用いた光学情報記録再生装置におけるトラッキング制御の概要を示す。図9に示す光学情報記録再生装置は、装填された光ディスクのカートリッジの有無、あるいはカートリッジの判別穴等でディスク判別器14が再生ディスクの種類を判別し、この判別結果を基にスイッチ回路15が制御され、このスイッチ回路15は光ディスクがCD8の場合は接点a側に、光ディスクが高密度ディスク108の場合は接点b側に切り換えられる。したがって、トラッキング制御回路16は、挿入された光ディスクがCD8の場合は、トラッキング制御に用いるエラー信号とし

てCD用に設けた外側の補助スポット109' , 109" から第1差動増幅器17を介して得られるトラッキングエラー信号を用いてトラッキング制御を行い、また挿入された光ディスクが高密度ディスク108の場合は、トラッキング制御に用いるエラー信号として、高密度ディスク用に設けた内側の補助スポット9' , 9" から第2差動増幅器18を介して得られるトラッキングエラー信号を用いてトラッキング制御を行う。

【0020】図10に他の例として示すように、上記ディスクの判別は、光検出器113' 及び113" からのCD用のトラッキングエラー信号と、光検出器13' 及び13" からの高密度用ディスク用のトラッキングエラー信号のそれぞれの変調度を変調度比較回路19によって比較することによっても可能である。つまり、第1差動増幅器17よりのトラッキングエラー信号の変調度の方が第2差動増幅器18の変調度より大きい場合はCD、逆の場合は高密度ディスクと判断し、それを基にトラッキング制御を行うことができる。

【0021】なお、本発明の光学情報記録再生装置では、図11に示すように、光検出器113' 及び13' から第3差動増幅器20を介して得られる先行トラッキングエラー信号と、光検出器113' 及び13" から第4差動増幅器21を介して得られる後行トラッキングエラー信号との位相を位相比較器22により比較することにより、光ヘッドとCD 8あるいは高密度ディスク108との相対移動方向を光ヘッド・ディスク相対移動方向検出器23により検出している。

【0022】

【発明の効果】本発明によれば、二対4本のトラッキングエラー検出用補助スポットを設けることにより、簡単な構成の光ヘッドで、トラックピッチの異なる光ディスクから安定してトラッキングエラー信号を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における光ヘッドの概略構成図である。

【図2】本発明の実施例における高密度ディスク上のスポットとトラックの関係を示す説明図である。

【図3】本発明の実施例におけるCD上のスポットとトラックの関係を示す説明図である。

【図4】本発明の実施例における光ディスクの最内周部を再生したときのトラッキングエラー信号振幅とディスク偏心との関係を示す曲線図である。

【図5】本発明の実施例において用いられる回折格子の一例を示す概略構成図である。

【図6】本発明の実施例において用いられる回折格子の他の例を示す概略構成図である。

【図7】図5に示す回折格子における位相差変調量と各回折光の回折効率を示す曲線図である。

【図8】図6に示す回折格子における位相差変調量と各回折光の回折効率を示す曲線図である。

【図9】本発明の実施例における光ヘッドを用いた光学情報記録再生装置のトラッキング制御の一例を示すブロック図である。

【図10】図9の光学情報記録再生装置のトラッキング制御の他の例を示すブロック図である。

【図11】光ヘッドと光ディスクとの相対移動方向を検知する手段の一例を示すブロック図である。

【図12】従来の光ヘッドの概略構成図である。

【図13】従来の光ヘッドにおけるCD上のスポットとトラックの関係を示す説明図である。

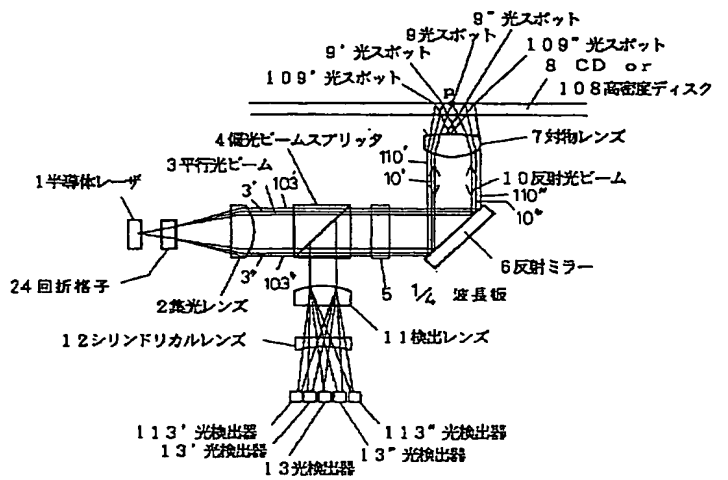
【図14】従来の光ヘッドにおける高密度ディスク上のスポットとトラックの関係を示す説明図である。

【図15】従来の光ヘッドにおける光ディスクの最内周部を再生したときのトラッキングエラー信号振幅とディスク偏心との関係を示す曲線図である。

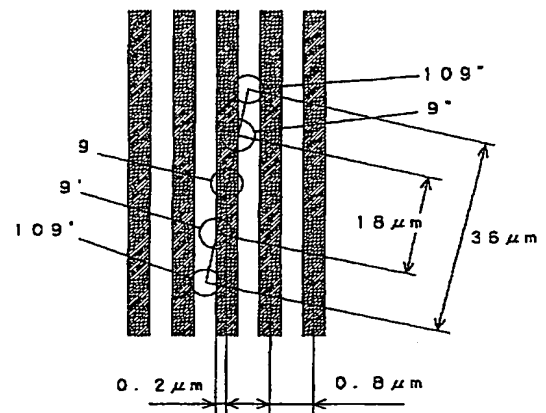
【符号の説明】

1…半導体レーザ、 2…集光レンズ、 3…平行光ビーム、 4…偏光ビームスプリッタ、 5…1/4波長板、 6…反射ミラー、 7…対物レンズ、 8…CD（コンパクトディスク）、 9, 9', 9", 109', 109"…光スポット、 10, 10', 10", 110', 110"…反射光ビーム、 11…検出レンズ、 12シリンドリカルレンズ、 13, 13', 13", 113', 113"…光検出器、 14…ディスク判別器、 15…スイッチ回路、 16…トラッキング制御回路、 17, 18, 20, 21…差動増幅器、 19…変調度比較回路、 23…光ヘッド・ディスク相対移動方向検出器、 24…回折格子、 108…高密度ディスク。

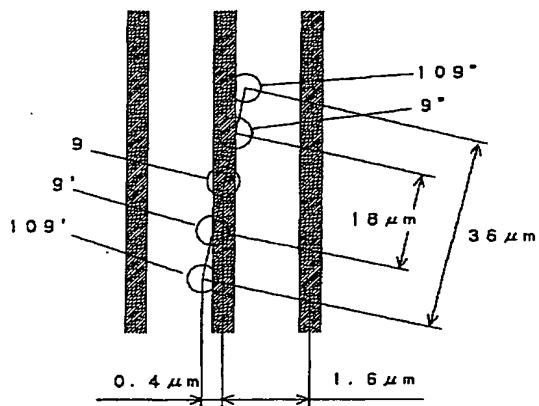
【図 1】



【図 2】

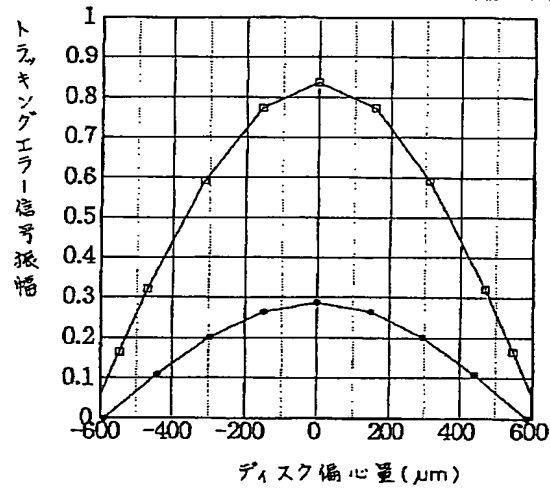


【図 3】

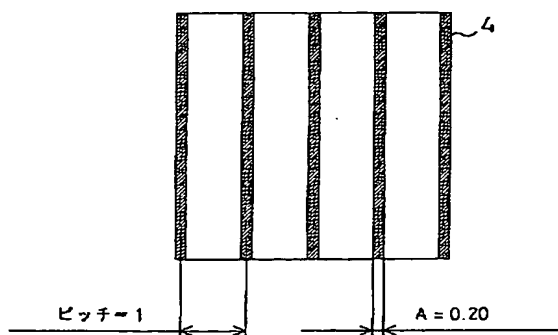


【図 4】

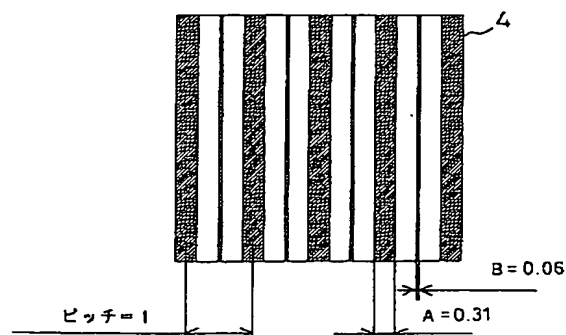
3 ビームトラッキングエラー信号振幅 λ 680-NA0.55

□ : CD 再生 補助スポット間隔 36 μm
● : 高密度ディスク再生補助スポット間隔 18 μm

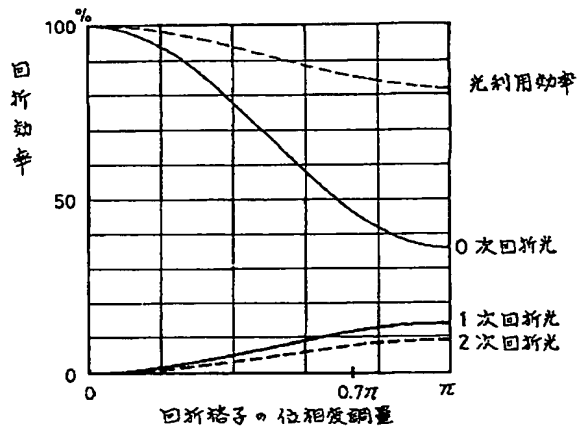
【図 5】



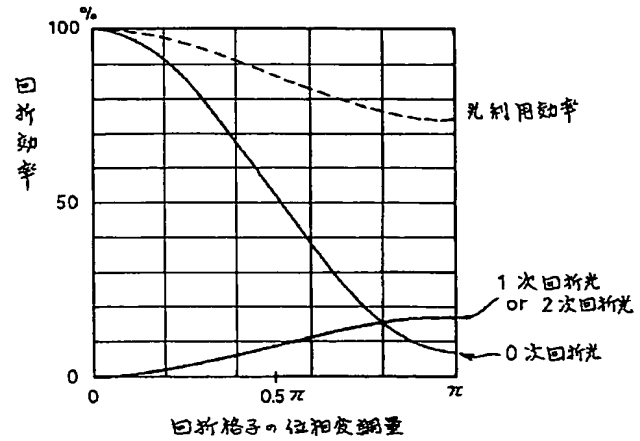
【図 6】



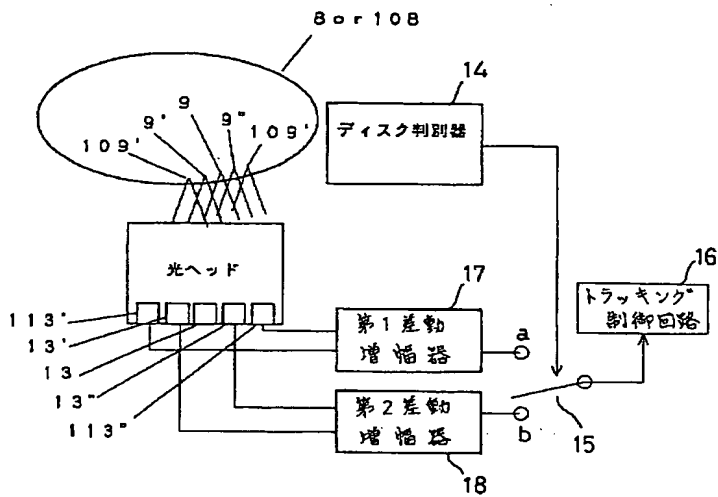
【図7】



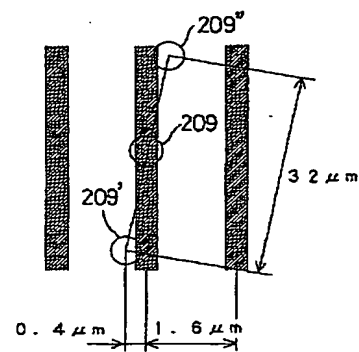
【図8】



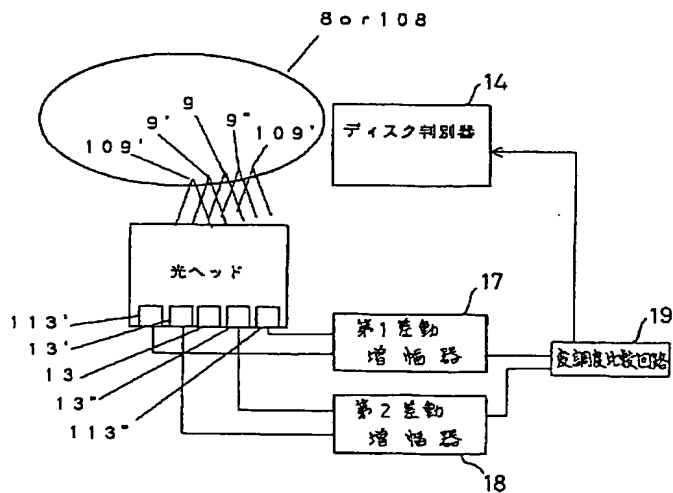
【図9】



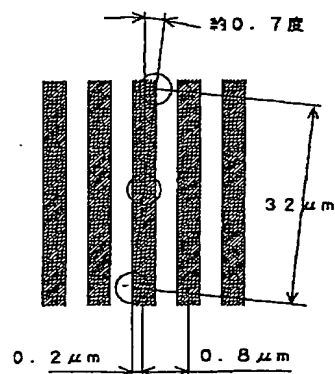
【図13】



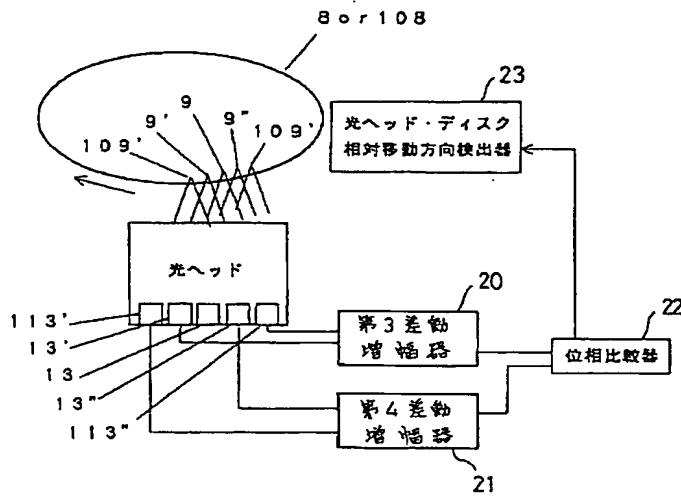
【図10】



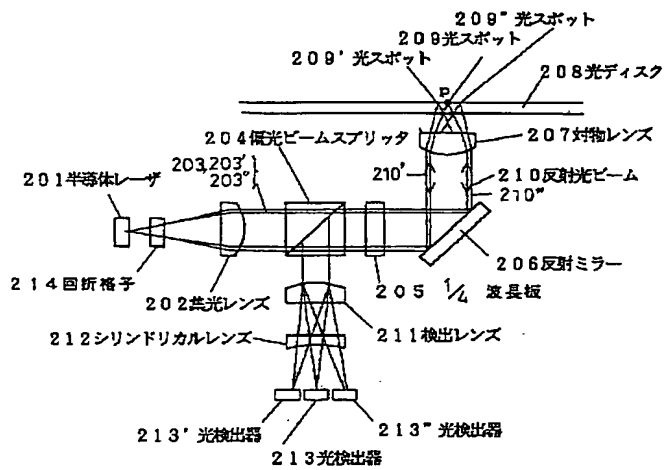
【図14】



【図 11】



【図 12】



【図 15】

3ビームトラッキングエラー信号検出 $\lambda 680 \cdot \text{NA}0.55$ 